

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. November 2004 (25.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2004/102052 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F16K 37/00,
G01M 13/02, F04B 51/00

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ENS, Wolfgang
[DE/DE]; Keplerstr. 5, 76351 Linkenheim (DE).
PÜTTMER, Alf [DE/DE]; Lerchenstr. 12, 76185
Karlsruhe (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/005193

(22) Internationales Anmeldedatum:

14. Mai 2004 (14.05.2004)

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

103 22 194.8

16. Mai 2003 (16.05.2003) DE

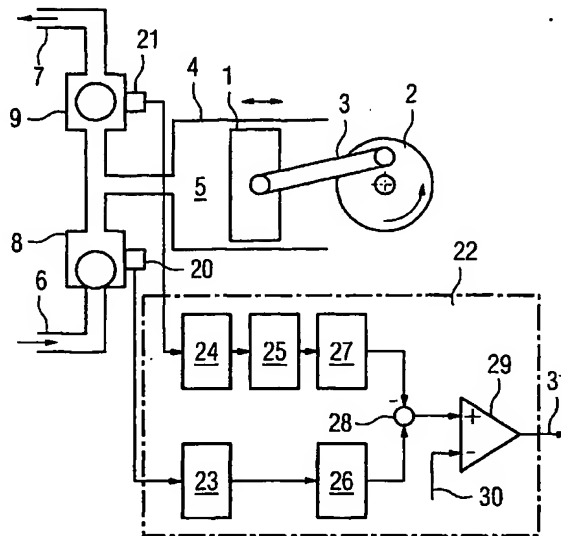
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DIAGNOSTIC SYSTEM AND METHOD FOR A VALVE, ESPECIALLY A CHECK VALVE OF A POSITIVE DIS-
PLACEMENT PUMP

(54) Bezeichnung: DIAGNOSESYSTEM UND -VERFAHREN FÜR EIN VENTIL, INSBESONDERE EIN RÜCKSCHLAG-
VENTIL EINER VERDRÄNGERPUMPE



(57) Abstract: The invention relates to a diagnostic system and method for a valve, especially a check valve (8, 9) of a positive displacement pump, by means of at least one solid-borne sound sensor (20, 21). A first value of a parameter (L1) of a sound signal recorded in the closed state of the valve (20) and a second value of a parameter (L2) of a sound signal recorded in the open state of a valve (9) are determined essentially in a simultaneous manner. A signal (31) indicating a disturbance is issued if the deviation between the first value and the second value exceeds a predefined threshold value (30), resulting in particularly good insensitivity towards changes in the noise level of the installation.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/102052 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Diagnosesystem und -verfahren für ein Ventil, insbesondere ein Rückschlagventil (8, 9) einer Verdrängerpumpe, mit zumindest einem Aufnehmer (20, 21) für Körperschall. Im Wesentlichen zeitgleich werden ein erster Wert einer Kenngröße (L1) eines im geschlossenen Zustand des Ventils (20) aufgenommenen Schallsignals und ein zweiter Wert einer Kenngröße (L2) eines im geöffneten Zustand eines Ventils (9) aufgenommenen Schallsignals ermittelt. Ein Signal (31) zur Anzeige einer Störung wird ausgegeben, wenn die Abweichung des ersten Werts vom zweiten Wert einen vorgebbaren Schwellwert (30) übersteigt. Dadurch wird eine besonders gute Unempfindlichkeit gegenüber Veränderungen des Anlagengeräuschs erreicht.

Beschreibung

Diagnosesystem und -verfahren für ein Ventil, insbesondere ein Rückschlagventil einer Verdrängerpumpe

5

Die Erfindung betrifft ein Diagnosesystem sowie ein Diagnoseverfahren für ein Ventil, insbesondere ein Rückschlagventil einer Verdrängerpumpe, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. dem Oberbegriff des Anspruchs 4..

10

In vielen Bereichen der Prozess- und Energietechnik hängt der störungsfreie Betrieb einer Anlage von der einwandfreien Funktion der eingesetzten Steuer- und Sperrventile ab. Zur Vermeidung kostenintensiver, irregulärer Betriebsunterbrechungen sollten Ventilschäden möglichst bereits im Anfangsstadium erkannt werden, das heißt bevor ein Ausfall eines Ventils einen Stillstand der Anlage verursachen kann. Beispielsweise führen defekte Ventilsitze zu Leckströmungen, die eine breitbandige Schallemission erzeugen. Eine Aufnahme und Auswertung der Schallemission eines Ventils kann somit zur Früherkennung von Ventilschäden dienen. Da Ventilfehler zu Schäden und teuren Folgekosten führen können, ist eine Diagnose evtl. mit automatischer Erfassung und programmierbarer Bewertung der Fehler von großem Nutzen. Statistische Auswertungen der Diagnosedaten können sowohl zur Optimierung der Wartungsprozesse für einen rechtzeitigen Ersatz eines schadhaften Ventils als auch zur qualitativen Beurteilung und Klassifizierung der Ventilhersteller oder zur Beurteilung der Eignung bestimmter Ventile für verschiedene Prozessarten dienen.

30

Aus der DE 199 24 377 A1 ist ein Diagnosesystem für ein von einem Stellungsregler über einen Antrieb betätigbares Ventil bekannt, das eine Einrichtung zur Erfassung, Speicherung und Auswertung von an dem Ventil gemessenen Körperschallspektren aufweist. Um eine besonders zuverlässige Ventildiagnose zu ermöglichen, ist in der Einrichtung zur Erfassung, Speiche-

35

5 rung und Auswertung ein bei geringfügig geöffnetem, intaktem Ventil erfasstes Körperschallspektrum abspeicherbar. Zur Diagnose wird ein bei geschlossenem Ventil erfasstes Körperschallspektrum mit dem abgespeicherten verglichen und die Ähnlichkeit als ein Kriterium für die Undichtigkeit des Ventils herangezogen. Das bekannte Diagnoseverfahren hat den Nachteil, dass es eine exakte Positionierbarkeit des Schließkörpers erfordert, damit ein Vergleichspektrum bei geringfügig geöffnetem, intaktem Ventil zur Simulation einer Ventil-
10 leakage aufgenommen werden kann. Es ist daher bei einer Vielzahl von Ventilarten, beispielsweise bei Rückschlagventilen für Verdrängerpumpen, nicht anwendbar.

15 Aus der EP 0 637 713 A1 ist ein weiteres Diagnosesystem für Regel- und Absperrventile bekannt. Mit einem Körperschallaufnehmer wird der Schallpegel während des Ventilbetriebs gemessen. Dieser wird mit dem für den Gutzustand zuvor bei einem neuwertigen Ventil aufgenommenen und als Referenzwert abgespeicherten Schallpegel verglichen. Übersteigt die Abweichung zwischen aktuellem Zustand und Gutzustand einen vorgegebenen Grenzwert, so wird ein Alarm ausgelöst. Das bekannte Verfahren ist mit den folgenden Nachteilen verbunden:

25 Der im Gutzustand gemessene Schallpegel wird überwiegend durch Anlagengeräusche verursacht, die beispielsweise über Rohrverbindungen eingekoppelt werden. Diese können sich nach der Kalibrierung verändern. Werden sie größer, so wird möglicherweise ein Fehlalarm ausgelöst. Werden die Anlagengeräusche im Laufe der Betriebsdauer kleiner, führt dies zu einer Verringerung der Messempfindlichkeit, da der Schwellwert zu hoch vorgegeben wurde. Zudem bedeutet die Messung des Schallpegels im Gutzustand einen zusätzlichen Aufwand bei der Inbetriebnahme. Bei stark schwankenden Betriebsbedingungen des untersuchten Ventils kann das Diagnoseverfahren nicht eingesetzt werden, weil die Anlagengeräusche stark von den Betriebsbedingungen abhängen. Insbesondere bei Rückschlagventilen von Verdrängerpumpen ist das Verfahren unter diesen
35

Umständen nicht anwendbar, da Messungen ergeben haben, dass das Anlagengeräusch vom Arbeitsdruck abhängt und bei einer Veränderung von 5 auf 50 bar um 20 dB steigt.

- 5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Diagnosesystem und ein Diagnoseverfahren zu schaffen, die weniger empfindlich auf Veränderungen des Anlagengeräuschs reagieren.

10 Zur Lösung dieser Aufgabe weist das neue Diagnosesystem der eingangs genannten Art die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 bzw. das Diagnoseverfahren die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 4 angegebenen Merkmale auf. In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen beschrieben.

15 Für eine zuverlässige Detektion einer Leckage werden das Leckagegeräusch bei geschlossenem Ventil und das Anlagen-
geräusch bei geöffnetem Ventil quasi zeitgleich aufgenommen und miteinander verglichen. Die beiden Messzeitpunkte können
20 umso näher beieinander liegen, je kürzer der Abstand zwischen den beiden Zuständen "Ventil offen" und "Ventil geschlossen" ist. Im Sonderfall einer Anwendung des Diagnosesystems bei Rückschlagventilen in oszillierenden Verdrängerpumpen werden die Ventile periodisch geöffnet und geschlossen. Da die bei-
25 den Rückschlagventile zu bestimmten Zeiten genau gegensätzliche Zustände annehmen, kann am einen Ventil das Leckagegeräusch aufgenommen werden, während genau zeitgleich am jeweils anderen Ventil das Anlagengeräusch gemessen wird. Die Zuordnung der Geräusche zum jeweiligen Ventilzustand kann in
30 einfacher Weise durch eine geeignete Signalverarbeitung erfolgen. Prinzipiell kann die Diagnose jedoch in diesem Anwendungsfall mit lediglich einem Körperschallsensor durchgeführt werden, der dann zeitlich nacheinander das Leckagegeräusch und das Anlagengeräusch im geschlossenen bzw. geöffneten Zu-
35 stand desselben Ventils aufnimmt. Jedoch auch in diesem Fall hat das neue Diagnosesystem den Vorteil, dass es gegenüber

schleichenden Veränderungen der Betriebsbedingungen weitgehend unempfindlich ist.

In entsprechender Weise können das neue Diagnosesystem und
5 das neue Diagnoseverfahren bei Ventilen in Kolbenverdichtern angewendet werden, die nach einem weitgehend ähnlichen Prinzip arbeiten.

Eine besonders geringe Empfindlichkeit gegenüber auch stark
10 schwankenden Betriebsbedingungen besitzt das Diagnosesystem, wenn der erste Wert und der zweite Wert der Kenngröße, die miteinander verglichen werden, anhand des zuletzt im geschlossenen bzw. im geöffneten Zustand aufgenommenen Schallsignals bestimmt werden. Es kann in diesem Fall davon ausgegangen werden, dass sich die Anlagengeräusche im dazwischen
15 liegenden Zeitraum allenfalls gering verändert haben und somit das Diagnoseergebnis kaum beeinflussen.

Bei einer Anwendung des Systems zur Diagnose eines Rückschlagventils einer Verdrängerpumpe genügt in vorteilhafter
20 Weise ein besonders geringer Aufwand für messtechnische Komponenten, wenn die Auswerteeinrichtung derart ausgebildet ist, dass durch sie anhand des aufgenommenen Schallsignals der jeweilige Zustand des Ventils bestimmbar ist. In diesem
25 Fall sind keine weiteren Mittel zur Positionserfassung des Schließkörpers erforderlich. Das System kann mit lediglich einem Schallaufnehmer für eine Messstelle auskommen.

Anhand der Zeichnungen, in denen ein Ausführungsbeispiel der
30 Erfindung dargestellt ist, werden im Folgenden die Erfindung sowie Ausgestaltungen und Vorteile näher erläutert.

Es zeigen:

35 Figur 1 eine Verdrängerpumpe mit einem Diagnosesystem mit zwei Körperschallaufnehmern,

Figur 2 eine Verdrängerpumpe mit einem Diagnosesystem mit einem Körperschallaufnehmer,

Figur 3 Verläufe von an der Verdrängerpumpe gemäß Figur 1 aufgenommenen Körperschallsignalen und

Figur 4 anhand der Verläufe gemäß Figur 3 berechnete Schallpegel.

10 In den Figuren 1 und 2 ist jeweils eine Verdrängerpumpe mit ihrem prinzipiellen Aufbau dargestellt. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Das Funktionsprinzip einer Verdrängerpumpe wird daher im Folgenden anhand des Beispiels in Figur 1 erläutert. Ein Kolben 1 wird durch eine
15 Kurbelwelle 2 mit einem Pleuel 3 in einem Zylinder 4 abwechselnd nach links und rechts bewegt. Dadurch entsteht ein variables Volumen 5 im Zylinder 4. In einem Einlass 6 und in einem Auslass 7 zu diesem Volumen 5 sind jeweils Rückschlagventile 8 bzw. 9 angeordnet. Diese Rückschlagventile werden
20 häufig auch als Einlass- bzw. Auslassventile bezeichnet. Verkleinert sich das Volumen 5 wie in der in Figur 1 dargestellten Phase, so öffnet das Rückschlagventil 9 und ein zu förderndes Medium strömt zum Auslass 7 hinaus. Gleichzeitig ist das Ventil 8 geschlossen. Bei einer Vergrößerung des Volumens
25 5 öffnet dagegen das Ventil 8, so dass das Medium in den Innenraum des Zylinders 4 einströmen kann. Das Ventil 9 verschließt den Auslass 7 und verhindert damit einen Rückfluss des bereits geförderten Mediums. In beiden Förderphasen ist somit ein Ventil geschlossen und das jeweils andere Ventil
30 geöffnet. Der Wechsel zwischen diesen Zuständen erfolgt zyklisch mit weitgehend konstanter Periodendauer.

Weiterhin zeigt Figur 1 ein Diagnosesystem mit zwei Aufnehmern 20 und 21 für Körperschall, die am Ventil 8 bzw. 9 angeordnet sind. In einer Auswerteeinrichtung 22 werden die mit
35 den Aufnehmern 20 und 21 erfassten Körperschallsignale zunächst einer Bandpassfilterung mit einem Filter 23 bzw. 24

unterzogen. Dadurch werden insbesondere die Schlaggeräusche eliminiert, die beim Aufprall der Schließkörper auf den Dichtungssitz entstehen. In dieser Filterung können zusätzlich ausgeprägte Resonanzfrequenzen der Anlage, in welcher sich die Ventile befinden, ausgeblendet werden. Das gefilterte Schallsignal des Ventils 9 wird einer Einrichtung 25 zur Bestimmung des Ventilzustands zugeführt, in welcher also festgestellt wird, ob das Ventil 9 gerade geschlossen oder geöffnet ist. Im geöffneten Zustand liefert der Körperschallsensor 21 im Wesentlichen das Anlagengeräusch, da das Medium frei durch das Ventil 9 hindurchströmen kann und somit durch die Strömung nur ein geringes Rauschen erzeugt wird. Ist das Ventil 9 dagegen in einer anderen Förderphase geschlossen, so wird das durch den Aufnehmer 21 erfasste Schallsignal bei einem defekten Ventil überwiegend durch die Leckageströmung verursacht, die dem Anlagengeräusch überlagert ist. Beispielsweise mittels Autokorrelation erkennt die Einrichtung 25 die Periodendauer des zyklischen Zustandwechsels und die jeweilige Förderphase. Die weitere Auswertung der Signale erfolgt in einer geeigneten, auf die Förderphasen synchronisierten Weise. Aus den gefilterten Schallsignalen des Aufnehmers 20 und 21 werden in nachfolgenden Einrichtungen 26 bzw. 27 die Schallpegel für das geschlossene Ventil 8 bzw. das geöffnete Ventil 9 berechnet. Die beiden berechneten Schallpegel werden durch eine Einrichtung 28 miteinander verglichen. Dabei dient der Schallpegel des geöffneten Ventils 9 als Referenzpegel. Er wird also vom Schallpegel des geschlossenen Ventils 8 subtrahiert. Die so erzeugte Differenz der beiden Schallpegel wird in einem Komparator 29 mit einem vorgebbaren Schwellwert 30 verglichen. Übersteigt die Differenz den vorgebbaren Schwellwert 30, so erzeugt der Komparator 29 ein Alarmsignal 31, das an eine in der Figur der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellte Leitstation weitergereicht wird, so dass geeignete Maßnahmen zur Behebung der Störung eingeleitet werden können.

Anstelle der Einrichtung 25 zur Bestimmung des Ventilzustands könnte dieser alternativ zum gezeigten Ausführungsbeispiel durch zusätzliche Aufnehmer erfasst werden. Beispielsweise könnte der Ventilzustand durch einen Stellungsgeber erfasst werden, wie er üblicherweise bei Regelventilen Verwendung findet. Da der Ventilzustand aber bereits anhand des Schallsignals selbst bestimmt werden kann, sind keinerlei zusätzliche Sensoren zur Bestimmung des Ventilzustands erforderlich.

10

Eine weitere alternative Ausführungsform ist in Figur 2 dargestellt. Hier wird lediglich ein Aufnehmer 40 für Körperschall verwendet, dessen aufgenommenes Schallsignal in einer Auswerteeinrichtung 41 verarbeitet wird. Ein Filter 42 und eine Einrichtung 43 zur Bestimmung des Ventilzustands können in gleicher Weise wie das bereits anhand Figur 1 beschriebene Filter 24 und die Einrichtung 25 ausgeführt werden. Entsprechendes gilt für die Berechnung des Schallpegels aus dem gefilterten Schallsignal in einer Einrichtung 44. Neben der direkten Zuführung des Werts des Schallpegels zur Vergleichseinrichtung 45 wird dieser Wert nun auch einer Verzögerungseinrichtung 46 zugeführt, in welcher der Wert abgespeichert und verzögert um eine halbe Periodendauer ausgegeben wird. Der aktuell berechnete Schallpegel, der bei geschlossenen Ventil 8 im Wesentlichen vom Leckagegeräusch herrührt, wird somit mit einem abgespeicherten Wert des Schallpegels in der Einrichtung 45 verglichen, der eine halbe Periode zuvor ermittelt wurde, somit dem Schallpegel bei geöffnetem Ventil 8 entspricht und überwiegend durch das Anlagengeräusch hervorgerufen wurde. Die Differenz zwischen dem aktuellen Schallpegel und dem abgespeicherten Referenzpegel wird wiederum einem Komparator 47 zugeführt, der diese Differenz mit einem vorgebbaren Schwellwert 48 vergleicht und bei Überschreiten ein Alarmsignal 49 erzeugt. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass auf den zweiten Aufnehmer für Körperschall verzichtet werden kann.

15

20

25

30

35

Die anhand der Figuren 1 und 2 mit Funktionsblöcken dargestellten Auswerteeinrichtungen 22 und 41 werden in der Praxis durch eine Mikroprozessorschaltung mit einem geeigneten Auswerteprogramm realisiert. Selbstverständlich ist auch eine Realisierung mit analogen Bausteinen prinzipiell möglich.

Figur 3 zeigt Verläufe 50 und 51 gefilterter Schallsignale, wie sie beispielsweise an einem intakten Ventil 8 (Figur 1) und einem defekten Ventil 9 (Figur 1) aufgenommen werden können. Auf der Abszisse ist die Zeit t in Sekunden, auf den Ordinaten sind jeweils die Amplitude $U1$ des einen Schallsignals und die Amplitude $U2$ des anderen Schallsignals in mV aufgetragen. Die Schallsignale haben einen im Wesentlichen periodisch wiederkehrenden Verlauf. Eine Periode beginnt beispielsweise mit einer Förderphase P1, in welcher das defekte Ventil 8 geöffnet und das intakte Ventil 9 geschlossen sind. Aufgrund des Leckagegeräuschs ist die am Ventil 8 gemessene Schallamplitude $U1$ erheblich höher als diejenige am Ventil 9. In der anderen Förderphase P2, in welcher das intakte Ventil 9 geschlossen und das defekte Ventil 8 geöffnet ist, herrscht im intakten Ventil 9 praktisch keine Leckageströmung und beide Signalverläufe entsprechen etwa dem Anlagengeräusch. Nach dem Ende der Förderphase P2 beginnt die nächste Periode mit einer weiteren Förderphase P1. Aufgrund dieser Periodizität ist in einfacher Weise eine Bestimmung des jeweiligen Ventilzustands anhand des aufgenommenen Schallsignals möglich.

Figur 4 zeigt zugehörige Verläufe 60 und 61 der berechneten Schallpegel $L1$ und $L2$, die auf den beiden Ordinaten in dB aufgetragen sind. Es sind dieselben Zeiträume dargestellt, die schon in Figur 3 betrachtet wurden. In der Förderphase P1 ist der Schallpegel $L1$ für das defekte Ventil 8 (Figur 1) wesentlich größer als der Schallpegel $L2$ des intakten Ventils 9 (Figur 1), der hier als Referenzpegel dient. Die Differenz übersteigt daher den vorgebbaren Schwellwert 30 (Figur 1) und ein Alarmsignal 31 (Figur 1) zur Anzeige eines defekten Ventils wird ausgegeben. In der Förderphase P2 wird dagegen der

vorgegebene Schwellwert durch die Differenz zwischen den beiden Schallpegeln L1 und L2 nicht überschritten. Das Ventil 9 wird daher als intakt erkannt.

- 5 Anhand dieser Verläufe wird als Vorteil des neuen Diagnose-
systems und -verfahrens deutlich, dass sich die Auswertung
"selbstlernend" an die jeweils bestehenden Anlagenbedingungen
anpasst, weil in jedem Arbeitszyklus der Ventile ein Referenzwert und ein Messwert berechnet werden. Dadurch wird die
10 Parametrierung der Auswerteeinrichtung vereinfacht und das
Diagnosesystem ist vorteilhaft bei stark veränderlichen Anla-
gengeräuschen einsetzbar. Dabei ist für ein diagnostiziertes
Ventil auch nur ein Aufnehmer für Körperschall notwendig. Der
jeweilige Zustand des Ventils, ob offen oder geschlossen,
15 kann anhand des aufgenommenen Schallsignals ohne Weiteres
ohne zusätzliche Messeinrichtungen ermittelt werden.

Patentansprüche

1. Diagnosesystem für ein Ventil, insbesondere ein Rückschlagventil einer Verdrängerpumpe, mit zumindest einem Auf-
nehmer (20, 21) für Körperschall, mit einer Einrichtung (22)
5 zur Auswertung zumindest eines aufgenommenen Körperschallsig-
nals und mit Mitteln (25) zur Bestimmung des Ventilzustands,
durch welche zumindest feststellbar ist, ob das Ventil (8, 9)
im geöffneten oder geschlossenen Zustand ist, d a d u r c h
10 g e k e n n z e i c h n e t ,
dass ein erster Wert einer Kenngröße (L1) eines im ge-
schlossenen Zustand eines Ventils (8) aufgenommenen Schall-
signals ermittelbar ist,
dass im Wesentlichen dazu zeitgleich ein zweiter Wert einer
15 Kenngröße (L2) eines im geöffneten Zustand desselben Ventils
(8) und/oder eines in einem vergleichbaren Umfeld betriebenen
Ventils (9) aufgenommenen Schallsignals ermittelbar ist und
dass ein Signal (31) zur Anzeige einer Störung ausgebbar ist,
wenn die Abweichung des ersten Werts vom zweiten Wert einen
20 vorgebbaren Schwellwert (30) übersteigt.
2. Diagnosesystem nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass der erste Wert und der zweite
Wert anhand des zuletzt im geschlossenen bzw. im geöffneten
25 Zustand aufgenommenen Schallsignals bestimmbar sind.
3. Diagnosesystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das Ventil ein Rückschlagventil einer Verdrängerpumpe
30 ist und
dass die Auswerteeinrichtung derart ausgebildet ist, dass
durch sie anhand des aufgenommenen Schallsignals der jeweili-
ge Zustand des Ventils bestimmbar ist.
- 35 4. Diagnoseverfahren für ein Ventil, insbesondere ein Rück-
schlagventil einer Verdrängerpumpe, mit zumindest einem
Aufnehmer (20, 21) für Körperschall, mit einer Einrichtung

11

(22) zur Auswertung zumindest eines aufgenommenen Körperschallsignals und mit Mitteln (25) zur Bestimmung des Ventilzustands, durch welche zumindest feststellbar ist, ob das Ventil (8, 9) im geöffneten oder geschlossenen Zustand ist, 5
dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Wert einer Kenngröße (L1) eines im geschlossenen Zustand eines Ventils (8) aufgenommenen Schallsignals ermittelt wird, dass im Wesentlichen dazu zeitgleich ein zweiter Wert einer Kenngröße (L2) eines im geöffneten Zustand desselben Ventils 10
(8) und/oder eines in einem vergleichbaren Umfeld betriebenen Ventils (9) aufgenommenen Schallsignals ermittelt wird und dass ein Signal (31) zur Anzeige einer Störung ausgegeben wird, wenn die Abweichung des ersten Werts vom zweiten Wert einen vorgebbaren Schwellwert (30) übersteigt.

15

1/2

FIG 1

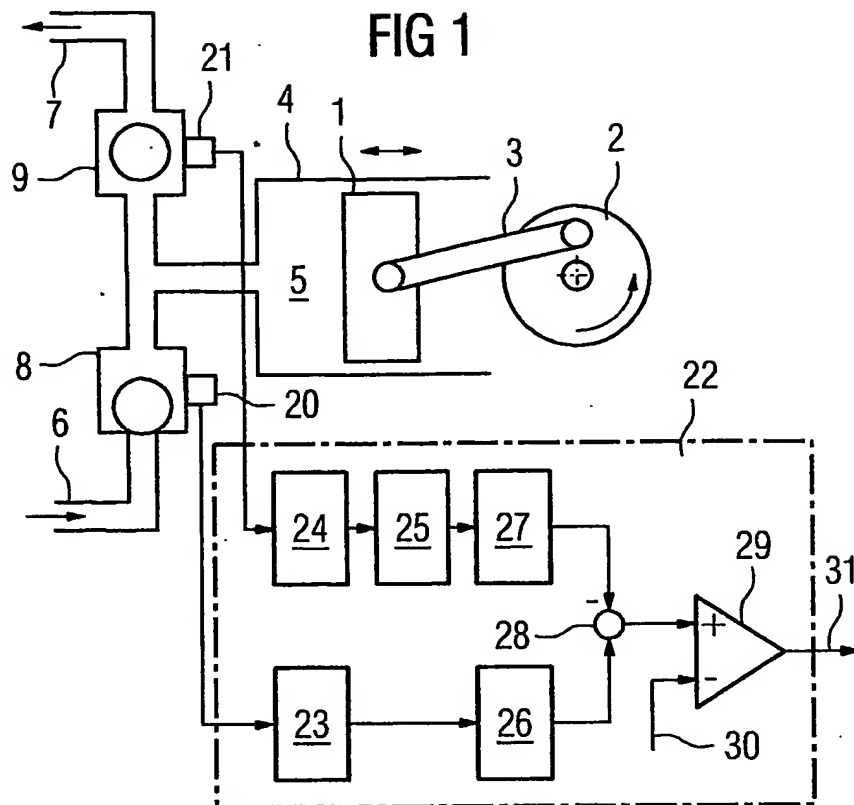


FIG 2

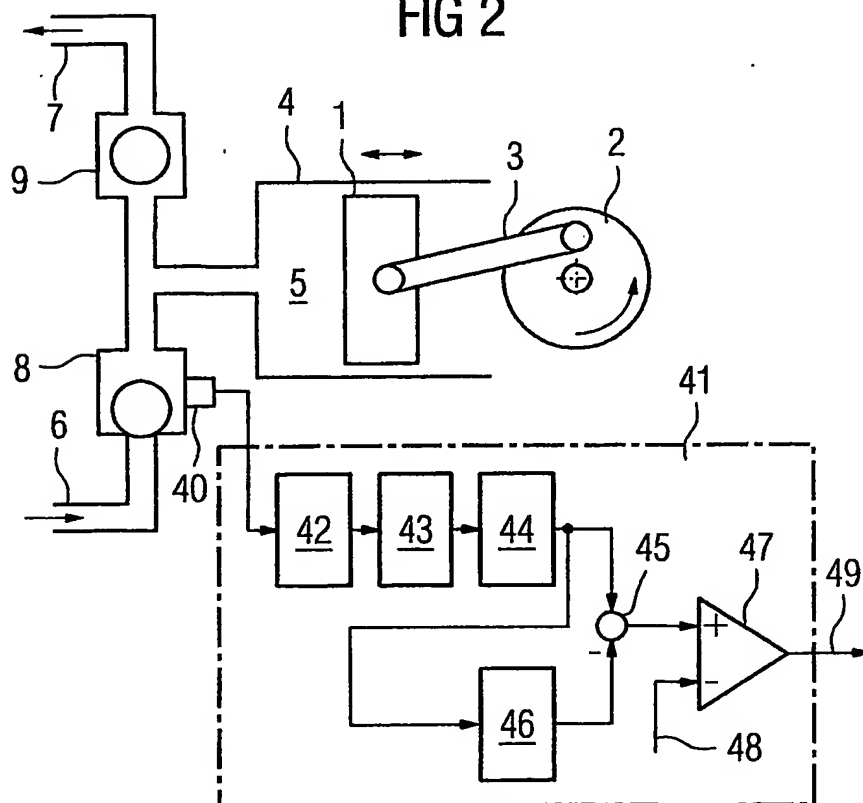


FIG 3

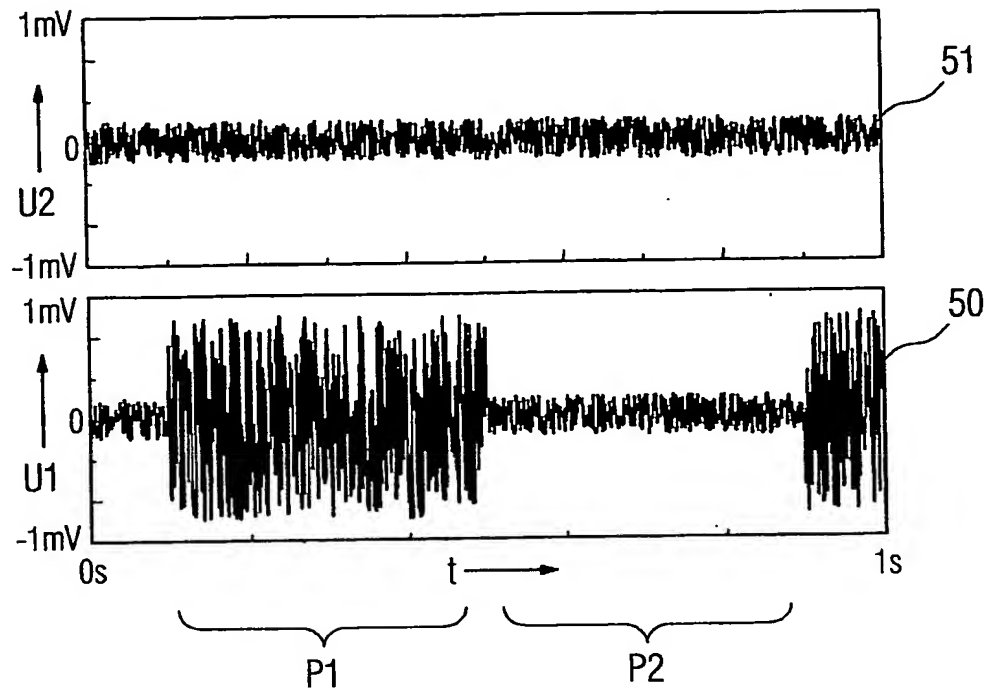
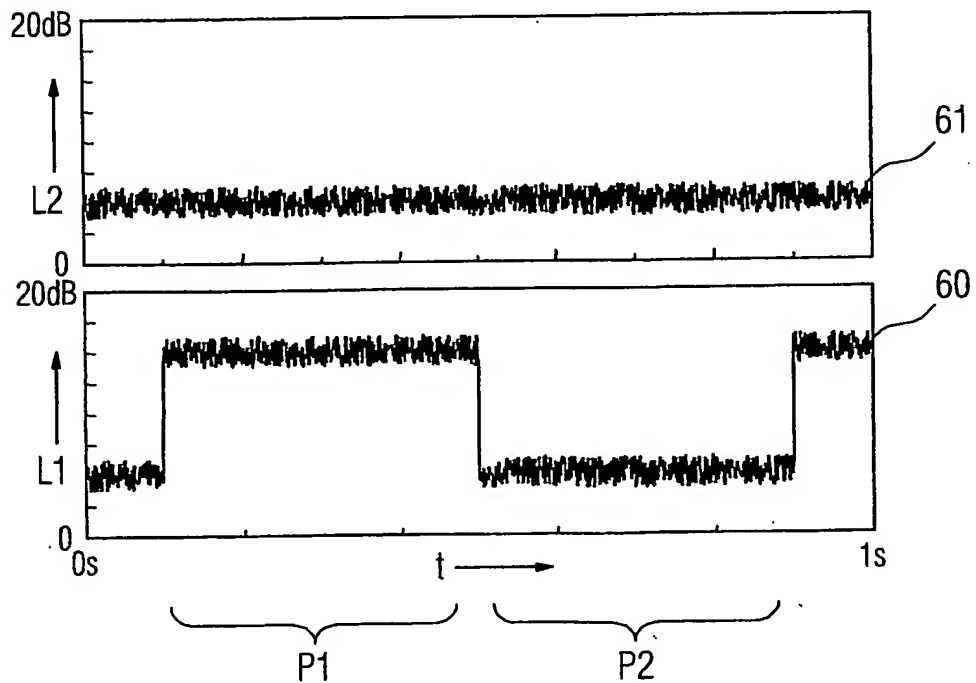


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/005193A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F16K37/00 G01M13/02 F04B51/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F16K G01M F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 184 570 A (NUOVO PIGNONE SPA) 6 March 2002 (2002-03-06) column 4, line 22 - column 5, line 57 figures 1-3	1-3
A	-----	4
X	EP 0 410 317 A (LIBERTY TECH CENTER) 30 January 1991 (1991-01-30) column 4, line 34 - column 12, line 13 figures 1-12	1,2
A	-----	3,4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 06, 4 June 2002 (2002-06-04) & JP 2002 041143 A (CHIYODA CORP), 8 February 2002 (2002-02-08) abstract	1,4
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 August 2004

Date of mailing of the international search report

03/09/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ceuca, A-N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/005193

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 199 24 377 A (SIEMENS AG) 21 December 2000 (2000-12-21) cited in the application the whole document -----	1-4
A	EP 0 637 713 A (HONEYWELL AG) 8 February 1995 (1995-02-08) cited in the application the whole document -----	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/005193

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1184570	A	06-03-2002	IT MI20001932 A1	28-02-2002
			CA 2355754 A1	28-02-2002
			EP 1184570 A2	06-03-2002
			JP 2002195166 A	10-07-2002
			US 2002023495 A1	28-02-2002
EP 0410317	A	30-01-1991	US 5008841 A	16-04-1991
			AT 117782 T	15-02-1995
			CA 2020863 A1	29-01-1991
			DE 69016297 D1	09-03-1995
			DE 69016297 T2	27-07-1995
			EP 0410317 A2	30-01-1991
			ES 2068290 T3	16-04-1995
			JP 3071034 A	26-03-1991
JP 2002041143	A	08-02-2002	NONE	
DE 19924377	A	21-12-2000	DE 19924377 A1	21-12-2000
			AT 256834 T	15-01-2004
			CA 2375022 A1	07-12-2000
			WO 0073688 A1	07-12-2000
			DE 50004797 D1	29-01-2004
			EP 1181474 A1	27-02-2002
			US 2002062682 A1	30-05-2002
EP 0637713	A	08-02-1995	DE 4326343 A1	09-02-1995
			CA 2129470 A1	06-02-1995
			EP 0637713 A1	08-02-1995